

# JURNAL REDOKS

## **Pelindung**

Muhammad Firdaus, S.T, M.T  
(Dekan Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang)

## **Pengarah**

Ir.M. Saleh Al Amin, M.T (Wakil Dekan I)  
Adiguna, S.T, M.Si ( Wakil Dekan II)  
Aan Sefentry, S.T, M.T ( Wakil Dekan III)

## **Pimpinan Editorial**

Husnah, S.T, M.T

## **Dewan Editorial**

Ir.Muhammad Bakrie, M.T  
Muhrinsyah Fatimura, S.T, M.T  
Rully Masriatini, S.T, M.T  
Nurlela, S.T, M.T  
Marlina, S.T, M.T  
Reno Fitrianti, S.T, M.Si  
Andriadoris Maharanti, S.T, M.T  
Ir.Agus Wahyudi, M.M

## **Mitra Bestari**

Dr.Erfina Oktariani, S.T, M.T ( STMI Kementerian Perindustrian RI)  
Dr.Rer.nat. Risfidian Mohadi, S.Si., M.Si (Universitas Sriwijaya).  
Dr. Eko Ariyanto, M.Eng, Chem (Universitas Muhamadiyah Palembang)  
Daisy Ade Riany Diem, ST., MT. (Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana)

## **Staff Editor**

Endang Kurniawan, S.T  
Yuni Rosiati, S.T

## **Alamat Redaksi :**

Program Studi Teknik Kimia Universitas PGRI Palembang  
Jalan Jend. A. Yani Lorong Gotong Royong 9/10 Ulu Palembang Sumatera Selatan  
Telp. 0711-510043 Fax. 0711-514782 e-mail : [tekim.upgri@gmail.com](mailto:tekim.upgri@gmail.com)

# JURNAL REDOKS

Volume 1, Nomor 2, Juli – Desember 2016

## DAFTAR ISI

Artikel Penelitian	Halaman
1. Pengolahan Air Limbah Pewarna Sintetis Untuk Menurunkan Kadar COD Dan Warna Dengan Metode Adsorpsi. ( <i>Nurlela</i> ) .....	1-5
2. Penurunan Kadar Fenol Dalam Limbah Cair Industri Tenun Songket Dengan Proses Elektrokoagulasi ( <i>Atikah</i> ) .....	6-15
3. Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Pulp dan Kertas. ( <i>Reno Fitrianti</i> )...16-25	
4. Studi Pengaruh Proses Pengintegrasian Panas Terhadap Konversi Amoniak Pada <i>Intercooler</i> Reaktor Amoniak Pusri II Dengan Analisis Pinch. (Desy Rosarina) 26-34	
5. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Variasi Penambahan Katalis KOH Pada Proses Transesterifikasi. ( <i>Muhrinsyah Fatimura, Daryanti, Santi</i> ). 35-43	
6. Evaluasi Kinerja Filter Keramik Pada Pengolahan Air Sungai Musi Berdasarkan Fluks Membrane. ( <i>Husnah</i> ).....	44-49
7. Pengaruh Waktu Dan Massa Zat Asam Benzoate Terhadap Kadar Vitamin C Dalam Pembuatan Sirup Mangga. ( <i>Rully Masriantini</i> ) .....	50-55
Petunjuk Untuk Penulisan .....	iii
Daftar Pustaka .....	iv

## **Petunjuk Untuk Penulis**

### **A. Naskah**

Naskah yang diajukan oleh penulis harus diketik dengan komputer menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar, menyertakan 1 (satu) soft copy dalam bentuk CD. Penulisan memakai program Microsoft Word dengan ukuran kertas A4, jarak 1,15 spasi. Naskah yang diajukan oleh penulis merupakan naskah asli yang belum pernah diterbitkan maupun sedang dalam proses pengajuan ditempat lain untuk diterbitkan, dan diajukan minimal 1 (satu) bulan sebelum penerbitan.

### **B. Format Penulisan Artikel**

#### **Judul**

Judul ditulis dengan huruf besar, nama penulis tanpa gelar, mencantumkan instansi asal, e-mail dan ditulis dengan huruf kecil menggunakan huruf Times new Roman 11.

#### **Abstrak**

Abstrak ditulis dalam bahasa Indonesia antara 100-250 kata, dan berisi pernyataan yang terdapat dalam isi tulisan, menyatakan tujuan dari penelitian, prosedur dasar (pemilihan objek yang diteliti, metode pengamatan dan analisis), ringkasan isi dan kesimpulan dari naskah menggunakan huruf Time New Roman 11, spasi 1,15.

#### **Kata Kunci**

Minimal 3 (tiga) kata kunci ditulis dalam bahasa Indonesia

#### **Isi Naskah**

Naskah ditulis menggunakan huruf Times New Roman 11. Penulisan dibagi dalam 5 (lima) sub judul, yaitu Pendahuluan, Kajian Pustaka, Metode Penelitian, Hasil Pembahasan dan Kesimpulan. Penulis menggunakan standar Internasional (misal untuk satuan tidak menggunakan feet tetapi meter, menggunakan terminalogi dan simbol diakui international (Contoh hambatan menggunakan simbol R). Bila satuan diluar standar SI dibuat dalam kurung (misal = 1 Feet (m)). Tidak menulis singkatan atau angka pada awal kalimat, tetapi ditulis dengan huruf secara lengkap, Angka yang dilanjutkan dengan simbol ditulis dengan angka Arab, misal 3cm, 4kg. Penulis harus secara jelas menunjukkan rujukan dan sumber rujukan secara jelas.

### **Daftar Pustaka**

Rujukan / Daftar pustaka ditulis dalam urutan angka, tidak menurut alpabet, dengan ketentuan

seperti dicontohkan sbb :

1. Standar Internasional :  
IEC 60287-1-1 ed2.0; Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1 – 1 : Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses – General. Copyright © International Electrotechnical Commission (IEC) Geneva, Switzerland, [www.iec.ch](http://www.iec.ch), 2006
2. Buku dan Publikasi :  
George J Anders; Rating of Electric Power Cables in Unfavorable Thermal Environment. IEEE Press, 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854, ISBN 0-471- 67909-7, 2005.
3. Internet :  
Electropedia; The World's Online Electrotechnical Vocabulary.  
<http://www.electropedia.org>, diakses 15 Maret, 2011.

Setiap pustaka harus dimasukkan dalam tulisan. Tabel dan gambar dibuat sesederhana mungkin. Kutipan pustaka harus diikuti dengan nama pengarang, tahun publikasi dan halaman kutipan yang diambil. Kutipan yang lebih dari 4 baris, diketik dengan spasi tunggal tanpa tanda petik.



## PENERAPAN PRODUKSI BERSIH PADA INDUSTRI PULP DAN KERTAS

**Reno Fitriyanti**

*Staf Pengajar Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang*

*e-mail: renofitriyanti@ymail.com*

### ABSTRAK

*Kegiatan industri perlu memadukan tiga pilar pembangunan berkelanjutan yang mencakup aspek ekonomi, lingkungan dan sosial. Industri pulp dan kertas merupakan salah satu industri yang dapat menunjang perekonomian nasional. Kegiatan utama dalam industri pulp dan kertas adalah proses pulping (proses pembuatan bubur kertas) dan proses bleaching (proses pemutihan bubur kertas). Penggunaan klorin sebagai pemutih telah menjadi persoalan yang serius dan merupakan titik berat permasalahan dalam industri pulp dan kertas. Dampak negatif yang ditimbulkannya adalah dihasilkannya limbah berbahaya berupa senyawa kloro organik, seperti dioksin, yang merupakan bahan berbahaya terhadap lingkungan. Teknologi bersih menawarkan solusi yang optimal bagi dampak lingkungan yang disebabkan oleh proses-proses industri. Disamping memberikan keuntungan yang lebih terhadap lingkungan juga dapat memberikan keuntungan ekonomi. Industri pulp dan kertas mempunyai peluang untuk melakukan tindakan produksi bersih melalui beberapa hal yaitu modifikasi produk (product modification), penggantian material input (input substitution), modifikasi teknologi (technology modification), penerapan operasi yang baik (good house keeping) serta daur ulang didalam industri (on site recycling). Dengan melaksanakan konsep produksi bersih diharapkan proses pada Industri pulp dan kertas bisa berjalan dengan efektivitas tinggi, menghasilkan produk yang lebih banyak dan berkualitas serta berdaya saing.*

**Kata Kunci :** *produksi bersih, pulp dan kertas*

### PENDAHULUAN

Sektor industri merupakan salah satu pilar pembangunan yang diarahkan agar dapat bersaing di era global. Pada era global dan pasar bebas, industri dihadapkan pada persaingan untuk memproduksi barang-barang berkualitas tinggi dan isu lingkungan global. Pertumbuhan industri tidak lagi bisa dipandang semata-mata untuk kepentingan ekonomi saja. Pembangunan industri harus mempertimbangkan aspek pencegahan dan pengendalian kerusakan dan pencemaran lingkungan hidup yang merupakan dampak negatif dari pembangunan industri. Kegiatan industri perlu memadukan tiga pilar pembangunan berkelanjutan yang mencakup aspek ekonomi, lingkungan dan sosial. Penerapan produksi bersih di industri yang memadukan efisiensi dan pencegahan pencemaran menjadi dasar bagi pembangunan sektor industri berkelanjutan (Purwanto, 2009).

Industri pulp dan kertas merupakan salah satu industri yang dapat menunjang perekonomian nasional. Kegiatan utama dalam industri pulp dan kertas adalah proses *pulping* (proses pembuatan bubur kertas) dan proses *bleaching* (proses pemutihan bubur kertas). Dalam perombakan kayu menjadi pulp, hal yang paling penting adalah menghilangkan lignin. Lignin adalah jaringan polimer fenolik

tiga dimensi yang berfungsi merekatkan serat selulosa sehingga menjadi kaku. Proses *pulping* dan proses *bleaching* akan menghilangkan lignin tanpa mengurangi serat selulosa secara signifikan.

Saat ini, sebagian besar teknologi *pulping* yang digunakan dalam industri pulp dan kertas di Indonesia termasuk seluruh dunia adalah proses kraft atau proses sulfat, sedangkan untuk *bleaching* banyak menggunakan klorin (Kementrian Perindustrian, 2011). Proses kraft dan *bleaching* mempunyai banyak segi positif antara lain mampu mengolah semua jenis bahan baku dengan berbagai kualitas dan menghasilkan pulp dengan kualitas prima. Dilain pihak, proses penghilangan lignin tersebut mempunyai kelemahan berupa kontribusinya terhadap pencemaran lingkungan. Limbah yang dihasilkan oleh industri kertas cukup banyak sehingga dapat mengganggu lingkungan. Selain itu industri kertas juga membutuhkan banyak zat kimia dalam pengolahannya sehingga limbah yang dihasilkan akan sangat berbahaya bagi lingkungan jika tidak dilakukan suatu pengolahan (Suratmo, 2003). Penggunaan klorin sebagai pemutih telah menjadi persoalan yang serius dan merupakan titik berat permasalahan dalam industri pulp dan kertas. Dampak negatif yang ditimbulkannya adalah dihasilkannya limbah berbahaya berupa senyawa kloro organik, seperti dioksin, yang merupakan bahan berbahaya terhadap lingkungan.

Tuntutan masyarakat akan teknologi bersih semakin meningkat. Masyarakat internasional tidak akan membeli pulp apabila dalam proses produksinya tidak menggunakan teknologi bersih. Agar produksi pulp yang dihasilkan dapat diterima pasar internasional, maka harus dilakukan usaha-usaha alternatif yang lebih aman terhadap lingkungan. Produksi bersih dapat dicapai melalui beberapa hal (Van Berkel, 2001) yaitu modifikasi produk, penggantian material input, modifikasi (perubahan) teknologi, penerapan operasi yang baik (*good house keeping*) serta daur ulang didalam industri. Industri pulp dan kertas dapat menerapkan produksi bersih, sehingga efisiensi dan efektivitas dalam proses produksinya dapat dioptimalkan. Produksi bersih diperlukan sebagai suatu strategi untuk mengharmonisasikan upaya perlindungan lingkungan dengan kegiatan pembangunan atau pertumbuhan ekonomi, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan, memelihara dan memperkuat pertumbuhan ekonomi dalam jangka panjang, mencegah atau memperlambat terjadinya proses degradasi lingkungan dan pemanfaatan sumberdaya alam melalui penerapan daur ulang limbah serta memperkuat daya saing produk di pasar internasional (Purwanto, 2005).

## INDUSTRI PULP DAN KERTAS

Kertas merupakan susunan dari sekumpulan jaringan serat tumbuhan, umumnya kayu, dalam bentuk lembaran. Serat kayu tersusun dari beberapa komponen yaitu (1) selulosa yang tersusun atas molekul glukosa rantai lurus dan panjang yang mempunyai sifat kristal, kuat dan tahan hidrolisa (2) hemiselulosa yang merupakan molekul glukosa rantai pendek dan bercabang dimana hemiselulosa mudah larut dalam air dan dihilangkan dalam proses pulping (3) lignin yang berfungsi merekatkan serat selulosa dan merupakan bagian yang dihilangkan dalam proses perombakan kayu menjadi pulp (4) ekstraktif yang terdiri atas hormon tumbuhan, resin dan asam lemak yang merupakan komponen yang sangat beracun dalam effluen industri pulp dan kertas.

Proses pembuatan kertas umumnya diawali dengan pemilihan jenis kayu. Jenis kayu yang banyak digunakan dalam pembuatan kertas adalah (1) kayu lunak, kayu dari tumbuhan konifer seperti *Pinlis sp* (tusam) dan *Aganthis sp* (dammar) (2) kayu keras, kayu dari tumbuhan yang menggugurkan daunnya setiap tahun seperti *Albazia falcatera*, *Eucllyptus sp*, dan *Antochehalus candabia*. Kayu lunak memiliki panjang dan kekasaran lebih besar digunakan untuk memberikan kekuatan pada kertas. Kayu keras lebih halus dan kompak sehingga menghasilkan permukaan kertas yang halus. Kertas umumnya

tersusun atas campuran kayu keras dan kayu lunak untuk mencapai kekuatan dan permukaan cetak yang baik.

Proses pembuatan pulp dan kertas adalah dua proses yang berbeda, namun terkait erat satu sama lain dan saling mempengaruhi dalam proses dan produksi lembaran kertas. Secara garis besar ada dua tahapan proses pembuatan kertas yaitu:

1. Proses pembuatan pulp (bubur kertas); dimulai dari pemilihan jenis kayu sampai dengan proses pemutihan atau bleaching.

Dalam perombakan kayu menjadi pulp, hal yang paling penting adalah menghilangkan lignin. Pemecahan lignin dapat diselesaikan melalui suatu rangkaian proses yang dimulai dari penyediaan bahan baku, dengan cara diambil dari hutan tanaman industri kemudian disimpan dengan tujuan untuk pelapukan dan persediaan bahan baku. Kayu yang siap diolah ini disebut dengan log. Kemudian log dikupas kulitnya dengan alat yang berbentuk drum yang disebut drum barker.

Setelah dikupas, log melewati *stone trap* (alat yang berbentuk silinder yang berfungsi untuk membuang batu yang menempel pada log), untuk selanjutnya dicuci. Log yang sudah bersih ini kemudian diiris menjadi potongan kecil (*chip*) dan diletakkan ditempat penampungan.

Dari tempat penampungan chip dibawa dengan konveyor ke bejana pemasak (*digester*). Chip dimasak dengan suhu dan tekanan yang tinggi dalam suatu larutan kimia penghancur (*cooking liquor*). Larutan dan proses di bejana pemasak ini akan melembutkan dan akhirnya memisahkan serat kayu dari lignin.

Tahap selanjutnya setelah bubur kertas siap kemudian dicuci dengan tujuan untuk memisahkan cairan sisa hasil pemasakan. Setelah itu pulp disaring agar terbebas dari bahan pengotor yang dapat mengurangi kualitas pulp. Selanjutnya bubur kertas dicampur dengan oksigen dan sodium hidroksida didalam *delignification tower* sebelum dicuci didalam *washer*. Tujuan dari pencampuran ini adalah untuk mengurangi pemakaian bahan kimia pada tahap pengelantangan (*bleaching*), mengurangi kandungan lignin, serta memutihkan pulp.

Bubur kertas kemudian dikelantang (*bleaching*) dengan bahan kimia untuk mencapai derajat keputihan sesuai standar ISO. Beberapa zat kimia yang digunakan dalam proses *bleaching* antara lain gas klorin, sodium hidroksida, kalsium hipoklorit, klorin dioksida, hidrogen peroksida dan sodium peroksida. Pulp kemudian disimpan atau dikirim ke mesin kertas untuk diolah menjadi kertas.

2. Proses pembuatan lembaran kertas; dimulai saat bubur kertas masuk ke mesin kertas sampai dengan lembaran kertas tergulung rapi dalam bentuk gelondongan.

Pulp yang sudah melewati proses *bleaching* selanjutnya masuk ke areal mesin kertas untuk diolah terlebih dahulu (*stock preparation*). Bagian *stock preparation* berfungsi untuk meramu bahan baku, seperti menambahkan pewarna untuk kertas, menambahkan zat retensi, menambahkan *filter* (untuk mengisi pori-pori diantara serat kayu). Bahan yang keluar dari bagian ini disebut *stock* (campuran pulp, bahan kimia dan air).

Pulp yang sudah diputihkan kemudian dibawa ke mesin pembuat kertas dimana akan dibentuk lembaran pulp pada screen. Air dihilangkan dari lembaran kertas dengan kombinasi vakum, panas dan tekanan yang diberikan di bagian penggulung (*roller*). Kertas yang sudah jadi dapat dibuat dalam berbagai jenis berat dan digulung menjadi gulungan besar (*paper rol*). *Paper rol* ini yang akan dipotong-potong sesuai ukuran dan dikirim ke konsumen.

Sebagian besar industri kertas menggunakan pemutih yang mengandung klorin. Klorin akan bereaksi dengan senyawa organik dalam kayu membentuk senyawa toksik seperti dioksin. Dioksin ditemukan dalam proses pembuatan kertas, air limbah, bahkan didalam produk kertas yang dihasilkan. Industri kertas menggunakan air dalam jumlah yang sangat besar untuk membilas zat kimia dan senyawa yang tidak diinginkan dari pulp. Oleh karenanya air yang telah digunakan mengandung

berbagai jenis zat kimia berbahaya termasuk dioksin. Meskipun konsentrasi dioksin sangat kecil di dalam air limbah, tetapi pabrik terus beroperasi dan terus menghasilkan dioksin sehingga konsentrasinya di dalam air akan terus bertambah. Dioksin adalah senyawa organik yang sukar terdegradasi dan konsentrasinya akan berlipat ganda jika masuk ke dalam rantai makanan karena adanya proses biomagnifikasi. Hal ini menyebabkan konsentrasi dioksin di dalam jaringan tubuh hewan air menjadi ratusan kali lebih besar dibandingkan di dalam air tempat hidupnya. Ikan yang ditangkap dari perairan di sekitar industri kertas mengandung dioksin dalam konsentrasi yang lebih tinggi dari daerah lain. Sekitar sepertiga dari dioksin yang terbentuk terserap oleh produk kertas yang dihasilkan termasuk kertas penyaring kopi, kertas tisu, popok bayi, piring kertas dan produk lainnya seperti kertas kantor, karton pembungkus susu hingga pembalut wanita. Dioksin dapat bertahan di lingkungan dalam waktu lama sehingga akan terakumulasi dalam tanah, air, hewan, termasuk manusia.

Dioksin adalah salah satu jenis organoklorin yang memiliki empat klor, dua oksigen dan dua cincin benzena. Klor adalah unsur halogen yang sangat reaktif sehingga mudah bereaksi dengan senyawa organik maupun senyawa lainnya. Sebagian besar organoklorin menimbulkan efek toksik dan dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan seperti kanker, cacat lahir, endometriosis, penurunan jumlah spermatozoa, dan gangguan pada janin. Organoklorin juga menyebabkan kerusakan genetis dan penurunan daya tahan ikan salmon dan ikan lainnya.

Mengurangi pencemaran organoklorin merupakan upaya penting untuk melindungi kesehatan masyarakat dan lingkungan. Salah satu upaya yang dapat mengurangi dioksin di lingkungan adalah menghindari penggunaan pemutih yang mengandung klorin.

## **PRODUKSI BERSIH**

Produksi bersih adalah strategi pengelolaan lingkungan yang sifatnya mengarah pada pencegahan dan terpadu untuk diterapkan pada seluruh siklus produksi. Produksi bersih merupakan sebuah strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif atau pencegahan dan terpadu yang perlu diterapkan secara terus menerus pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan mengurangi risiko terhadap manusia dan lingkungan. Hal tersebut, memiliki tujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan memberikan tingkat efisiensi yang lebih baik pada penggunaan bahan mentah, energi dan air, mendorong performansi lingkungan yang lebih baik, melalui pengurangan sumber-sumber pembangkit limbah dan emisi serta mereduksi dampak produk terhadap lingkungan. (Wikipedia, 2013).

Istilah produksi bersih mulai diperkenalkan oleh UNEP (*United Nations Environment Program*) pada bulan Mei 1989 dan diajukan secara resmi pada bulan September 1989 pada seminar *The Promotion of Cleaner Production* di Canterbury, Inggris. Indonesia sepakat untuk mengadopsi definisi yang disampaikan oleh UNEP tersebut. Istilah produksi bersih diterima secara internasional melalui arahan UNEP pada tahun 1994, berdasarkan agenda 21 mengenai pembangunan berkelanjutan pada Konferensi PBB tentang Lingkungan Hidup dan Pembangunan di Rio de Janeiro tahun 1992 (Purwanto, 2009). Pada proses produksi, produksi bersih berarti meningkatkan efisiensi pemakaian bahan baku, energi, mencegah atau mengganti penggunaan bahan berbahaya atau beracun, mengurangi jumlah dan tingkat racun semua emisi dan limbah sebelum meninggalkan proses. Pada produk, produksi bersih bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan selama daur hidup, mulai dari pengambilan bahan baku sampai ke pembuangan akhir setelah produk tersebut tidak digunakan (Purwanto, 2009).



(Kementrian Lingkungan Hidup, 2003) menyatakan Prinsip-prinsip pokok dalam strategi produksi bersih dalam Kebijakan Nasional Produksi Bersih yang dituangkan dalam 5R (Re-think, Reuse, Reduction, Recovery and Recycle).

- 1) Re-think (berpikir ulang), adalah suatu konsep pemikisan yang harus dimiliki pada saat awal kegiatan akan beroperasi, dengan implikasi :
  - a) Perubahan dalam pola produksi dan konsumsi berlaku baik pada proses maupun produk yang dihasilkan, sehingga harus dipahami betul analisis daur hidup produk
  - b) Upaya produksi bersih tidak dapat berhasil dilaksanakan tanpa adanya perubahan dalam pola pikir, sikap dan tingkah laku dari semua pihak terkait pemerintah, masyarakat maupun kalangan usaha
- 2) Reduce (pengurangan) adalah upaya untuk menurunkan atau mengurangi timbulan limbah pada sumbernya.
- 3) Reuse (pakai ulang/penggunaan kembali) adalah upaya yang memungkinkan suatu limbah dapat digunakan kembali tanpa perlakuan fisika, kimia atau biologi.
- 4) Recycle (daur ulang) adalah upaya mendaur ulang limbah untuk memanfaatkan limbah dengan memprosesnya kembali ke proses semula melalui perlakuan fisika, kimia dan biologi.
- 5) Recovery / Reclaim (pungut ulang, ambil ulang) adalah upaya mengambil bahan – bahan yang masih mempunyai nilai ekonomi tinggi dari suatu limbah, kemudian dikembalikan ke dalam proses produksi dengan atau tanpa perlakuan fisika, kimia dan biologi.

Sosialisasi dan penerapan konsep 5R selama ini masih mengutamakan pada prinsip 3R (reduce, reuse, recycle), sehingga penerapan produksi bersih masih lebih menekankan pada pengelolaan limbah yang terbentuk. Peluang-peluang pencegahan timbulan limbah dan pencemaran belum diterapkan secara menyeluruh. Apabila upaya-upaya rethink dan recovery tidak dijalankan dengan baik maka masih banyak industri yang menghadapi persoalan limbah yang ditimbulkannya (Purwanto, 2009). Lebih lanjut, (UNEP, 2000) menyatakan pola pendekatan produksi bersih dalam melakukan pencegahan dan pengurangan limbah dengan menggunakan strategi 1E4R (*elimination, reduce, reuse, recycle, recovery*). Meskipun prinsip produksi bersih dengan strategi 5R atau 1E4R tersebut, namun perlu ditekankan bahwa strategi utama perlu ditekankan pada Pencegahan dan Pengurangan (1E1R) atau 2R pertama. Bila strategi 1E1R atau 2R pertama masih menimbulkan pencemar atau limbah, baru kemudian melakukan strategi 3R berikutnya (*reuse, recycle, dan recovery*) sebagai suatu strategi tingkatan pengelolaan limbah. Tingkatan terakhir dalam pengelolaan lingkungan adalah pengolahan dan pembuangan limbah apabila upaya produksi bersih sudah tidak dapat dilakukan (Purwanto, 2005).

Praktik dan tindakan produksi bersih dapat menggunakan teknologi konvensional bagi industri yang telah beroperasi dan teknologi baru yang mempunyai potensi pengembangan dimasa mendatang. Geiser (2002) dalam Purwanto (2009) menyatakan teknologi pengurangan limbah, teknologi efisiensi energi, teknologi efisiensi proses, teknologi ramah lingkungan, teknologi proses daur ulang serta produk ramah lingkungan serta nanoteknologi merupakan teknologi-teknologi yang dapat diterapkan untuk melaksanakan tindakan produksi bersih secara konvensional.

Tindakan produksi bersih sebagaimana dinyatakan Van Berkel (2001) dapat dicapai melalui beberapa hal yaitu modifikasi produk (*product modification*), penggantian material input (*input substitution*), modifikasi teknologi (*technology modification*), penerapan operasi yang baik (*good house keeping*) serta daur ulang didalam industri (*on site recycling*). Produksi bersih diperlukan sebagai cara untuk mengharmoniskan upaya perlindungan lingkungan dengan kegiatan pertumbuhan ekonomi dalam jangka panjang, mendukung prinsip environmental equality, mencegah atau memperlambat terjadinya degradasi lingkungan dan pemanfaatan sumberdaya alam melalui penerapan

daur ulang limbah dan memperkuat daya saing produk di pasar internasional (Pudjiastuti, 1999). Pelaksanaan produksi bersih memberikan manfaat diantaranya (Bratasida, 1997; Helmy, 1997):

1. Mencegah terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan melalui upaya minimisasi limbah, daur ulang, pengolahan, dan pembuangan limbah yang aman.
2. Mendukung prinsip pemeliharaan lingkungan dalam rangka pelaksanaan Pembangunan Berkelanjutan.
3. Dalam jangka panjang dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi melalui penerapan proses produksi, penggunaan bahan baku dan energi yang efisien.
4. Mencegah atau memperlambat degradasi lingkungan dan mengurangi eksploitasi sumberdaya alam melalui penerapan daur ulang limbah dan dalam proses yang akhirnya menuju pada upaya konservasi sumberdaya alam untuk mencapai tujuan Pembangunan Berkelanjutan.
5. Memberi peluang keuntungan ekonomi, sebab di dalam produksi bersih terdapat strategi pencegahan pencemaran pada sumbernya (*source reduction and in process recycling*), yaitu mencegah terbentuknya limbah secara dini, dengan demikian dapat mengurangi biaya investasi yang harus dikeluarkan untuk pengolahan dan pembuangan limbah atau upaya perbaikan lingkungan.
6. Memperkuat daya saing produk di pasar global.
7. Meningkatkan citra produsen dan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk yang dihasilkan.
8. Mengurangi tingkat bahaya kesehatan dan keselamatan kerja.

## PENERAPAN PRODUKSI BERSIH

Prinsip utama dalam menerapkan tindakan produksi bersih adalah mereduksi limbah yang terbentuk atau mencegah timbulnya limbah pada sumbernya. Industri pulp dan kertas mempunyai peluang untuk melakukan tindakan produksi bersih melalui beberapa hal berikut sebagaimana dinyatakan Van Berkel (2001) yaitu modifikasi produk (*product modification*), penggantian material input (*input substitution*), modifikasi teknologi (*technology modification*), penerapan operasi yang baik (*good house keeping*) serta daur ulang didalam industri (*on site recycling*).

### 1. Modifikasi Produk (*product modification*)

Modifikasi Produk dapat dilakukan dengan memformulasikan kembali rancangan produk untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan setelah produk tersebut dipakai, menghilangkan kemasan yang berlebihan dan tidak perlu, meningkatkan masa pakai produk (*product lifetime*) serta mendisain produk sehingga produk tersebut dapat didaur ulang. Kualitas pulp sangat ditentukan oleh jenis kayu yang digunakan. Bahan baku yang digunakan dalam produksi pulp dan kertas sebagian besar serat kayu. Serat kayu dapat diperoleh langsung dari kayu atau dipasok dari hasil daur ulang. Guna penghematan atau efisiensi serat dari bahan baku primer, maka dewasa ini telah diusahakan pemanfaatan kertas bekas (*waste paper*) dari berbagai jenis kertas dan karton sebagai bahan baku pulp. Serat dari jenis kayu yang berbeda memberikan sifat yang berbeda dengan produk yang memproduksi perbedaan jadi kekuatan kertas, printability dan penampilan. Sangat penting bahwa serat kasar dimodifikasi sebelum kertas diproduksi. Ada banyak cara melalui mana serat kayu dapat dimodifikasi, menggunakan metode kimia, fisika maupun dengan memanfaatkan bioteknologi (Rosa, 2006).

### 2. Penggantian Material Input (*input substitution*)

Pada industri pulp dan kertas, bahan baku utama yang digunakan adalah serat yang berasal dari tanaman (dengan kandungan utama berupa selulosa). Konversi dari kayu menjadi selulosa dipengaruhi oleh kadar selulosa kayu dan massa jenis kayu. Karenanya (Husni dkk, 2007) menyatakan untuk meningkatkan faktor konversi dari kayu menjadi pulp, maka perlu dipilih jenis kayu yang memiliki riap yang cepat dengan kandungan selulosa yang tinggi serta memiliki karakteristik fisik dan kimia yang baik, supaya pulp yang dihasilkan lebih banyak dan memiliki kualitas yang tinggi. Marsoem (2004) dan BBS (2005) didalam Husni (2007) menyatakan bahwa rapat massa kayu jenis *Acacia mangium* pada nernagai umur antara tiga sampai tujuh tahun diberbagai daerah di Indonesia berkisar antara 0,38 sampai 0,56 ton/m<sup>3</sup>. Lebih lanjut, mengingat masalah utama dari bahan baku pada industri kertas adalah adanya sludge yang terbawa oleh air yang tentu akan menambah beban pada instalasi pengolahan air limbah maka disarankan bahan baku yang dapat digunakan sehingga kandungan serat yang dihasilkan tetap berkualitas namun tidak mudah terbawa air adalah jenis NBKP (*Needle Bleached Kraft Pulp*), LBKP (*Lead Bleached Kraft Pulp*) dan CTMP (*Chemical Thermal Mechanical Pulp*).

### 3. Modifikasi Teknologi (technology modification)

Industri pulp dan kertas menghadapi masalah pencemaran lingkungan berkaitan dengan proses penghilangan lignin. Proses yang masih dilakukan sekarang ini menggunakan cara kimia dengan memakai klorin, dimana, proses ini menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan. Mengingat bahaya senyawa klor-organik yang sangat toksik dari limbah pemutihan dengan menggunakan klor, maka penggunaan klor harus ditinggalkan (Kementrian Perindustrian, 2011). Untuk mendukung usaha ini, selain memperbaiki proses pemutihan yang ada ke arah teknologi pemutihan bebas klor, yang lebih penting lagi adalah memperbaiki proses sebelumnya yaitu pada proses pemasakannya. Teknologi pembuatan pulp ke arah perolehan bilangan kappa rendah (*low kappa pulping*) harus diterapkan tanpa mengurangi kualitas pulp atau bahkan dapat memperbaiki kualitas sebelumnya. Target bilangan kappa yang serendah mungkin sangat memungkinkan industri menerapkan teknologi pemutihan yang berwawasan lingkungan (Kementrian Perindustrian, 2011). Beberapa inovasi teknologi pulping telah ditemukan dan lebih aman terhadap lingkungan. Teknologi tersebut misalnya adalah modifikasi proses kraft konvensional, kombinasi beberapa proses konvensional (proses ASAM), penggunaan bahan kimia organik dalam proses *pulping* (proses *biopulping*). Dalam pengembangan teknologi *bleaching* juga telah ditemukan beberapa metode *bleaching* yang lebih aman terhadap lingkungan, antara lain teknologi *bleaching* dengan konsep ECF (*elementally chlorine free*) dan TCF (*totally chlorine free*) serta penerapan *bio bleaching*.

#### a. Teknologi Pulping

Pengembangan teknologi pulping pada saat ini bertujuan terutama untuk menghasilkan pulp dengan bilangan kappa rendah, sehingga dalam proses pemutihan pulp lebih aman terhadap lingkungan. Diantara inovasi teknologi dalam proses pulping tersebut, ada dua jenis teknologi yang bisa dikatakan bersifat revolusif dan sangat aman terhadap lingkungan, yaitu proses organosolv dan proses bio pulping.

Proses organosolv adalah proses pemisahan serat dengan menggunakan bahan kimia organik seperti metanol, etanol, aseton dan asam asetat. Proses organosolv memberikan beberapa keuntungan antara lain rendemen pulp yang dihasilkan tinggi, daur ulang lindi hitam dapat dilakukan dengan mudah, tidak menggunakan unsur sulfur sehingga lebih aman terhadap lingkungan, dapat menghasilkan produk samping berupa lignin dan hemiselulosa dengan tingkat kemurnian tinggi. Hal tersebut dapat mengurangi biaya produksi sehingga proses berlangsung ekonomis.

Proses bio pulping memanfaatkan jamur sebagai mikroorganisme perusak kayu yang mampu mendegradasi lignin. Kemampuan jamur dalam mendegradasi lignin secara alami ini dimanfaatkan sebagai agen dalam proses delignifikasi untuk proses pulping. Penurunan konsentrasi lignin pasca pemberian jamur memberikan kontribusi positif bagi proses pemasakan pulp. Perlakuan pendahuluan pemberian jamur *Phanerochaeta chrysosporium* pada proses pulping mampu menurunkan 36% kandungan lignin sehingga mampu menghemat waktu pemasakan dan mengurangi penggunaan bahan kimia (Silsia dkk, 2010) serta menghasilkan kualitas limbah yang lebih baik dari kualitas limbah cair pulp kraft (Silsia dkk, 2011).

b. Teknologi Bleaching

Proses pemutihan bertujuan untuk menghilangkan sisa lignin yang masih terdapat dalam pulp. Apabila dalam proses pemutihan digunakan klorin, maka dari unit ini akan dihasilkan limbah cair yang mengandung chlorinated organic compounds yang sangat berbahaya bagi lingkungan. Dalam pengembangan teknologi bleaching telah ditemukan beberapa metode bleaching yang lebih aman terhadap lingkungan, antara lain teknologi bleaching dengan konsep ECF dan TCF serta penerapan bio bleaching. Pada konsep ECF unsur klor yang digunakan tidak dalam bentuk  $Cl_2$  melainkan  $ClO_2$ , sedangkan dalam konsep TCF unsur klor tidak digunakan. Sebagai pengganti klorin pada konsep TCF biasanya digunakan oksigen atau ozon.

Teknologi selanjutnya yang ramah lingkungan adalah teknologi bio bleaching. Teknologi bio bleaching adalah proses pemutihan pulp dengan menggunakan enzim dari mikroba. Mikroba yang digunakan adalah dari kelompok white rot fungi yang mempunyai kemampuan tinggi dalam mendegradasi lignin. Enzim yang digunakan adalah enzim hemiselulose yang meningkatkan bleachability pulp dan enzim lignase yang mendegradasi lignin secara langsung pada pulp yang diputihkan. Penggunaan mikroba mampu meningkatkan derajat keputihan pulp dan menurunkan konsumsi bahan kimia secara signifikan.

4. Penerapan Operasi yang Baik (*good house keeping*)

Penerapan *good house keeping* dapat dilakukan diantaranya (Winardi dan Ina, 2006) :

- Mengurangi fiber loss dengan mengoptimalkan kinerja mesin produksi dan memperhatikan formula dari bahan pembuat kertas.
- Efisiensi bahan kimia dengan pemilihan bahan baku yang tepat
- Efisiensi penggunaan steam dengan mengurangi lolosnya uap panas dengan cara menutup mesin sehingga mengurangi panas yang hilang
- Mengoptimalkan kondisi operasi dengan mengatur tekanan rol saat pengepresan sehingga tidak memutuskan lembaran kerja yang terbentuk.

5. Daur Ulang Didalam Industri (*on site recycling*).

Daur ulang merupakan penggunaan kembalilimbah dalam berbagai bentuk, di antaranya dengan mengembalikan lagi ke proses semula, menjadikannya sebagai bahan baku pengganti untuk proses produksi lain, memisahkannya untuk diambil kembali bagian yang bermanfaat serta mengolah kembali sebagai produk samping. Pada industri pulp dan kertas, bahan baku utama yang digunakan adalah serat yang berasal dari tanaman (dengan kandungan utama berupa selulosa). Dalam proses produksinya, ditemukan adanya serat yang hilang dan terbawa bersama air limbah. Adanya serat dalam air limbah ini tentu akan menambah beban pada instalasi pengolahan air limbah yang pada akhirnya akan menambah beban pencemaran pada lingkungan (sungai). Oleh karena itu perlu dilakukan upaya menangkap kembali serat ini agar tidak terbuang dan dapat digunakan kembali sebagai bahan baku (Ali dan Suciningtias, 2005). (Winardi dan Ina, 2006) menyatakan pada proses pembuatan pulp dan

kertas, air sisa produksi (*back water*) dapat ditambahkan dengan bahan kimia sehingga serat yang berhasil dipisahkan dapat kembali diproses ke dalam pulper. Lebih lanjut, (Ali dan Suciningtias, 2005) menggunakan *disc filter* untuk menangkap serat dari air yang berasal dari proses produksi sebelum masuk ke instalasi pengolahan air limbah. *Disc filter* mempunyai efisiensi penangkapan serat yang bervariasi tergantung pada kecepatan putaran dan jumlah serat yang digunakan sebagai pemancing yang disebut *sweetener*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat penurunan kadar serat pada filtrat sebesar 82,4 hingga 95,1% untuk *clear filtrate* dan 72,2 hingga 91,5% untuk *cloudy filtrate*. Hasil ini cukup signifikan dalam mengurangi kadar serat dalam air limbah yang akan dibuang. Di sisi lain, manfaat yang diperoleh adalah *recovery* serat yang bisa digunakan kembali sebagai bahan baku pulp dan kertas (kadar serat dalam *filtered stock*) sebesar 108423 hingga 135737 mg/l. Nilai ekonomis yang dapat dihemat diperoleh dari *filtered stock*. Jumlah serat yang berhasil ditangkap oleh disc filter sebanyak 58,27 ton/hari atau sebesar 98% dari jumlah serat yang masuk ke disc filter dan jumlah serat yang lolos bersama air limbah (filtrat) adalah 1,19 ton/hari atau 0,48% dari kapasitas produksi sebesar 250 ton/hari (Ali dan Suciningtias, 2005).

Proses daur ulang lainnya juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan kembali lembaran kerja yang terputus (*broke*) saat melalui *Wire part*. Lembaran kerja yang terputus tersebut dikembalikan ke *mechine chest* untuk diproses kembali melalui tahapan awal di *paper mechine*. Selain itu, produk yang cacat karena bergelombang, sobek atau kotor pada saat finishing, dapat dikirim sebagai bahan baku untuk diproses kembali (Winardi dan Ina, 2006).

## PENUTUP

Teknologi bersih menawarkan solusi yang optimal bagi dampak lingkungan yang disebabkan oleh proses-poses industri. Disamping memberikan keuntungan yang lebih terhadap lingkungan juga dapat memberikan keuntungan ekonomi. Industri pulp dan kertas mempunyai peluang untuk melakukan tindakan produksi bersih melalui beberapa hal yaitu modifikasi produk, penggantian material input, modifikasi teknologi, penerapan operasi yang baik serta daur ulang didalam industri. Pada industri pulp dan kertas, penggunaan asam sulfat dan klorin membahayakan bagi lingkungan dan makhluk hidup. Penggunaan klorin sebagai pemutih telah menjadi persoalan yang serius dan merupakan titik berat permasalahan dalam industri pulp dan kertas. Dampak negatif yang ditimbulkannya adalah dihasilkannya limbah berbahaya berupa senyawa kloro organik, seperti dioksin, yang merupakan bahan berbahaya terhadap lingkungan. Modifikasi proses dan penggantian bahan beracun seperti proses organosolv, pemanfaatan mikroba didalam proses pulping serta penggunaan teknologi ECF, TCF serta penerapan bio bleaching didalam proses bleaching diharapkan mampu menjadi proses alternatif yang ramah lingkungan. Artinya, mampu meminimalkan resiko resiko pencemaran lingkungan akibat pembuangan bahan-bahan kimia yang digunakan selama proses produksi. Dengan melaksanakan konsep produksi bersih diharapkan proses pada Industri pulp dan kertas bisa berjalan dengan efektivitas tinggi, menghasilkan produk yang lebih banyak dan berkualitas serta berdaya saing.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali M, Suciningtias. 2005. Minimisasi Limbah pada Industri Pulp dan Kertas. Proceeding Seminar Nasional Kimia Lingkungan VII
- Bratasida, L. 1997. Kebijakan Nasional tentang Produksi Bersih. Bapedal, Jakarta



- Helmy, HM. 1997. Penerapan Prinsip Zero Emission Pada Pabrik Kelapa Sawit. Program Pasacasarjana. Universitas Sumatera Utara, Medan
- Husni YR, E. Gumbira, Ilah S, Wasrin S, Amril A. 2007. Strategi Peningkatan Daya Saing Penggunaan Faktor Produksi Industri Pulp Indonesia. Jurnal Riset Industri Vol 1 No 1
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2003. Kebijakan Nasional Produksi Bersih. Jakarta
- Kementrian Perindustrian. 2011. Pedoman Pemetaan Teknologi Untuk Industri Pulp dan Kertas. Kementrian Perindustrian. Jakarta
- Pudjiastuti. 1999. Produksi Bersih. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta
- Purwanto. 2005. Penerapan Produksi Bersih di Kawasan Industri. Dalam : Seminar Penerapan Program Produksi Bersih Dalam mendorong Terciptanya Kawasan Eco-industrial di Indonesia, diselenggarakan oleh Asisten Deputi Urusan Standardisasi dan Teknologi. Jakarta
- Purwanto . 2009. Penerapan Teknologi Produksi Bersih Untuk Meningkatkan Efisiensi dan Mencegah Pencemaran Industri. Pidato Pengukuhan. Universitas Diponegoro
- Rosa. 2006. Fiber Modification through Biotechnology. Pulp and Paper Magazine. <http://www.risiinfo.com/magazines/June/2006/PP/newspp>
- Silsia D; Yahya R; Mucharromah. 2010. Optimasi biokraft P. chrysosporium terhadap komponen kimia campuran batang dan limbah cabang mangium sebagai bahan baku pulp. Jurnal Molekul V (2).
- Silsia D; Yahya R; Mucharromah. 2011. Kualitas Limbah Cair Pulp Biokraft campuran batang dan limbah cabang mangium pada Berbagai Kondisi Pemasakan. Prosiding Semirata Bidang Ilmu Pertanian
- Suratmo, G. 2003. Prospek dan Tantangan Pengembangan Industri Pulp dan Kertas Indonesia dalam Era Ekolabeling dan Otonomi Daerah. Prosiding dan Seminar. IPB. Bogor.
- United Nations Environment Programme (UNEP). 2000. Cleaner Production Assesment in Dairy Processing. UNEP Publications. <http://www.Agrifood.forum.net/publications/guide/index.html>
- Van Berkel R. 2001. Cleaner Production for Achieving Eco-efficiency in Australian Industry. Curtin University of Technology. Perth
- Wikipedia. Produksi Bersih. [https://id.wikipedia.org/wiki/Produksi\\_bersih](https://id.wikipedia.org/wiki/Produksi_bersih)
- Winardi DN, Ina S. 2006. Studi Penerapan Produksi Bersih (Studi Kasus pada Perusahaan Pulp dan Paper Serang). Jurnal Presipitasi Vol 1 No 1